

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-294333

(P2003-294333A)

(43) 公開日 平成15年10月15日 (2003. 10. 15)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード(参考)
F 2 5 B 9/14	5 2 0	F 2 5 B 9/14	5 2 0 Z 4 D 0 2 0
B 0 1 D 53/14		B 0 1 D 53/14	B
F 0 2 G 1/053		F 0 2 G 1/053	K
F 2 5 B 9/00		F 2 5 B 9/00	G

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願2002-100081(P2002-100081)

(22) 出願日 平成14年4月2日 (2002. 4. 2)

(71) 出願人 000005049

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(72) 発明者 片山 博之

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ

ャープ株式会社内

(74) 代理人 100064746

弁理士 深見 久郎

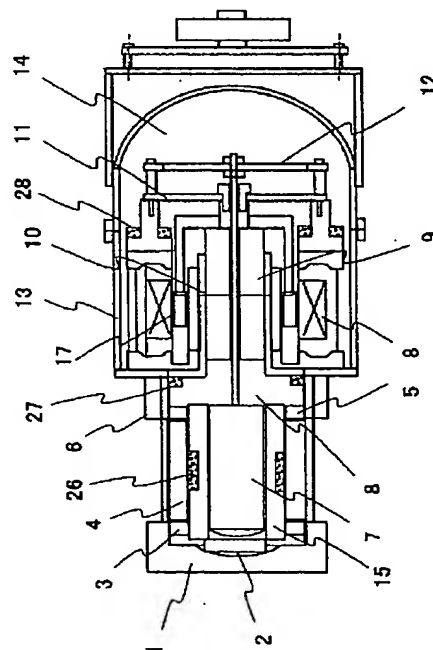
Fターム(参考) 4D020 AA02 BB01 CA10 CC01

(54) 【発明の名称】 スターリング機関

(57) 【要約】

【課題】 ケーシング内部の残留空気(酸素)や残留湿気を除去することにより、スターリング機関の連続運転による内部基幹部品の酸化や、湿気水分氷結による性能劣化や故障を防止する。

【解決手段】 作動流体が充填されたケーシング1 3内に、膨張空間2、圧縮空間8およびバウンス空間14を備えたスターリング機関であって、ケーシング内の多孔質材配置位置2 6、2 7、2 8の少なくとも一つの位置に、酸素を除去する脱酸素剤および水分を除去する除湿剤の一方および両方を含む多孔質材の少なくとも一つを配してなる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 作動流体が充填されたケーシング内に、膨張空間、圧縮空間およびバウンス空間を備えたスターリング機関であって、

前記ケーシング内に酸素を除去する酸素除去材、湿分を除去する除湿材および酸素と湿分とを除去する酸素湿分除去材の少なくとも一つを配してなる、スターリング機関。

【請求項 2】 前記酸素除去材が脱酸素剤を含む多孔質材であり、前記除湿材が除湿剤を含む多孔質材であり、前記酸素湿分除去材が脱酸素剤と除湿剤とをともに含む多孔質材である、請求項 1 に記載のスターリング機関。

【請求項 3】 前記酸素除去材、除湿材および酸素湿分除去材の少なくとも一つが、前記バウンス空間内に配されてなる、請求項 1 または 2 に記載のスターリング機関。

【請求項 4】 前記酸素除去材、除湿材および酸素湿分除去材の少なくとも一つが、高温空間側に配されてなる請求項 1 ～ 3 のいずれかに記載のスターリング機関。

【請求項 5】 前記酸素除去材、除湿材および酸素湿分除去材の少なくとも一つが、前記膨張空間と圧縮空間との間の作動流体の流通路上に配されてなる請求項 1 ～ 4 のいずれかに記載のスターリング機関。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、動力発生を目的とするスターリングエンジンや、低温発生に用いるスターリング冷凍機といったスターリング機関に関するものである。

【0002】

【従来の技術】近年、省エネルギーや環境問題などの見地から、スターリング機関が注目を浴びている。スターリング機関は、外部の熱源を利用して可逆サイクルであるスターリングサイクルを実現する外燃機関であり、ガソリンなどの引火性や着火性に優れた燃料を必要とする内燃機関などに比べ、省エネルギーで低公害であるという長所を備えた熱機関である。

【0003】このスターリング機関の応用例として、スターリング冷凍機が広く知られている。このスターリング冷凍機は、逆スターリングサイクルを用いて極低温を発生させる冷凍機である。以下、スターリング機関の一応用例であるフリーピストン型スターリング冷凍機を例示して、スターリング機関の一般的な構造について説明する。

【0004】図 2 に示したように、スターリング冷凍機は、水素やヘリウムなどの不活性ガスが作動ガスとして内部に充填されたシリンダ 10 を備えている。このシリンダ 10 内には、ピストン 9 およびディスプレーサ 7 が嵌挿されており、これらによってシリンダ 10 内の空間が圧縮空間 8 と膨張空間 2 とに区画されている。通常、

ディスプレーサ 7 の周囲のシリンダを、ピストン 9 の周囲のシリンダ 10 と別部材とし、円筒ボビン 15 とする。ピストン 9 はリニアモータ 18 によって駆動されるが、ばね 11 によって本体ケーシング 13 に接続されているため、シリンダ 10 内を周期的に正弦運動する。また、ディスプレーサ 7 は、ピストン 9 の正弦運動の力を受けてシリンダ 10 内を往復動するが、ピストン 9 と同様にばね 12 によって本体ケーシング 13 に接続されているため、周期的な正弦運動をとることになる。このピストン 9 の正弦運動とディスプレーサ 7 の正弦運動とは、定常運転時において同じ周期で一定の位相差をもって行なわれる。

【0005】圧縮空間 8 と膨張空間 2 との間には再生器 4 が配設されており、この再生器 4 を介してこれら両空間が連通することにより、冷凍機内に閉回路が構成されている。この閉回路の圧縮空間 8 側には、放熱用熱交換器 5 が取付けられており、さらにこの放熱用熱交換器 5 に隣接して放熱器 6 が設けられている。一方、閉回路の膨張空間 2 側には、吸熱用熱交換器 3 が取付けられており、さらにこの吸熱用熱交換器 3 に隣接して吸熱器 1 が設けられている。

【0006】この閉回路内の作動ガスが、ピストン 9 およびディスプレーサ 7 の動作に合わせて流動することにより、逆スターリングサイクルが実現される。ここで、放熱器 6 は圧縮空間 8 内の熱を外部へと放出させる役割を果たし、放熱用熱交換器 5 はこの放熱を促進させる役割を果たす。また、吸熱器 1 は外部の熱を膨張空間 2 内へと伝熱する役割を果たし、吸熱用熱交換器 3 はこの伝熱を促進させる役割を果たす。

【0007】次に、上記構成のスターリング冷凍機の動作について説明する。まず、リニアモータ 18 を作動させ、ピストン 9 を駆動する。リニアモータ 18 によって駆動されたピストン 9 は、ディスプレーサ 7 に接近し、圧縮空間 8 内の作動ガスを圧縮する。これにより、圧縮空間 8 内の作動ガス温度は上昇するが、放熱用熱交換器 5 を介して放熱器 6 によってこの圧縮空間 8 内に発生した熱が外部へと放出されるため、圧縮空間 8 内の作動ガス温度は、ほぼ等温に維持される。すなわち、本過程は、逆スターリングサイクルの等温圧縮過程を構成する。

【0008】次に、圧縮空間 8 内でピストン 9 により圧縮された作動ガスは、その圧力により再生器 4 内に流入し、さらに膨張空間 2 へと送られる。その際、作動ガスの持つ熱量が再生器 4 に蓄熱される。すなわち、本過程は、逆スターリングサイクルの等容冷却過程を構成する。

【0009】つづいて、膨張空間 2 内に流入した高圧の作動ガスは、ディスプレーサ 7 が図面上右方向へ移動することにより、膨張する。これにより、膨張空間 2 内の作動ガス温度は下降するが、吸熱用熱交換器 3 を介して

吸熱器1によって外部の熱が膨張空間2内へと伝熱されるため、膨張空間2内はほぼ等温に保たれる。すなわち、本過程は、逆スターリングサイクルの等温膨張過程を構成する。

【0010】やがて、ディスプレーサ7が図面上左方向へ戻り始めることにより、膨張空間2内の作動ガスは再生器4を通過して、再び圧縮空間8側へと戻る。その際、再生器4に蓄熱されていた熱量が作動ガスに与えられるため、作動ガスは昇温する。すなわち、本過程は、逆スターリングサイクルの等容加熱過程を構成する。

【0011】この一連の過程（等温圧縮過程－等容冷却過程－等温膨張過程－等容加熱過程）が繰り返されることにより、逆スターリングサイクルが構成される。この結果、吸熱器1は徐々に低温になり、極低温を有するに至る。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】ところで、一般にスターリング機関では、ケーシング内に充填される作動ガスにとり、高圧のヘリウムや水素ガスが用いられるが、従来の構造や組み立て工程においては、こうした本来のガス成分以外に混入してしまう残留空気や湿気成分をいかにして低減するかが問題となっていた。例えば、上記例に示したスターリング冷凍機の組み立てにおいて、最終的に作動ガスである高圧ヘリウムを密封されたケーシング13内に充填するに際し、内部空気を一旦十分に真空引きした後、ヘリウムガスを導入する方法が一般的に行われる。ところが、スターリング冷凍機の動作原理上ピストン部9とシリンダ部10のシール性が要求されるため、マグネット17、リニアモータ組品18やピストン用ばね11やディスプレーサ用ばね12が配置されているバウンス空間部14では、このガス置換が不十分となるケースが多々生じていた。

【0013】また、スターリング冷凍機の部品の中には、軽量性や低加工コストなどのメリットから、樹脂製の材料を用いる場合も多い。例えば、再生器4のベース材として、PET（ポリエチレンテレフタレート）フィルムを用いたり、ディスプレーサ7の先端キャップ部にはポリカーボネート材を用いたりしている。こうした樹脂材料は吸湿性も高いため、スターリング冷凍機の組み立てにおいては、真空引きしながら脱気を行うなどの乾燥プロセスなどが一般に行われている。こうしたプロセスは時間も要し、製造コスト増加にも繋がるという問題を抱えていた。また、複雑に入り組んだスターリング冷凍機内の個別部品の内部組み付け構造や前述したようなシール構造も原因として、こうした真空脱気工程の導入にもかかわらず十分な脱空気、脱湿気対策が困難となっていた。その結果、残留空気（酸素）や残留水分が元になって、スターリング冷凍機を連続運転した際、圧縮空間8やバウンス空間14内の温度上昇も重なって、希土類磁石からなるマグネット部や鉄鋼材をベースとするピス

トン用ばね11やディスプレーサ用ばね12に腐食を引き起こし、性能劣化や故障の原因となっていた。また、作動流体内に混入した水分が、低温となった膨張空間2内で氷結して特に再生器フィルム近傍での作動ガスの流れを阻害することによる冷凍機性能の劣化といった問題発生にも繋がっていた。

【0014】本発明は、上記従来の問題点を鑑みてなされたものであり、ケーシング内部の残留空気（酸素）や残留湿気を除去することで、スターリング機関の連続運転による内部基幹部品の酸化や、湿気水分氷結による性能劣化・故障を防止することを目的としている。

【0015】

【課題を解決するための手段】本発明のスターリング機関は、作動流体が充填されたケーシング内に、膨張空間、圧縮空間およびバウンス空間を備えたスターリング機関であって、ケーシング内に酸素を除去する酸素除去材、湿分（水分）を除去する除湿材、および酸素と湿分とを除去する酸素湿分除去材の少なくとも一つを配してなる。この構成によると、ケーシング内に充填された作動流体に残留成分として混入した空気（酸素）成分および湿気水分の一方または両方が取り除かれる。これにより、スターリング機関の内部部品の腐食による経時劣化に伴う動作不良や、残留水分の凝結や凍結による性能劣化の防止が可能となる。

【0016】上記の酸素除去材は、脱酸素剤を含む多孔質材、たとえばその多孔質材を空気が流通するフィルター状とすることができる。また、フィルター状のように空気がその中を流通する必要はなく、表面積を大きくして酸素除去を効果的に行うことができるだけでもよい。除湿材についても、除湿剤を含む多孔質材は、除湿剤を含む多孔質材、たとえばその多孔質材を空気が流通するフィルター状とすることができる。また、フィルター状のように空気がその中を流通する必要はなく、表面積を大きくして除湿を効果的に行うことができるだけでもよい。さらに、1つの多孔質材の中に、脱酸素剤および除湿剤の両方を含んでもよい。脱酸素材および除湿材の一方または両方の多孔質材をフィルター状にした場合には、作動流体の通路断面にわたって上記フィルター状多孔質材を配置することが望ましい。

【0017】また、上記局面に係るスターリング機関では、上記酸素除去材、除湿材および酸素湿分除去材の少なくとも一つが、バウンス空間内に配設されることが望ましい。この構成により、ピストンとシリンダのシール性によりバウンス空間内で十分に作動流体と置換が出来ずに残留成分として残った空気（酸素）や、各部品に吸着した水分を、脱酸素剤や除湿剤によって取り除くことが出来る。そのため、バウンス空間内に配置されたマグネット組品類や、銅材をベースとするピストン用ばねやディスプレーサ用ばねの摩耗劣化を防食によって抑えることができる。この結果、安定して連続運転を行うこと

ができ、長期信頼性を得ることが可能となる。

【0018】また、上記スターリング機関では、上記酸素除去材、除湿材および酸素湿分除去材の少なくとも一つが、高温空間側、例えばスターリング冷凍機にあっては圧縮空間側に配されることが望ましい。一般に、内部部品や筐体に吸着している残留空気（酸素）や残留湿気水分は、温度上昇と共に放出されやすくなるため、動作中のスターリング冷凍機にあって相対的に温度が高くなる膨張空間部に、残留ガス成分を取り除く脱酸素剤や除湿剤を配置することで効果的に酸素や水分を除去し、作動流体ガス内への混入を抑えることが可能となる。これにより、スターリング機関内部の構成部品の酸化劣化や、残留水分の凝結や凍結による性能への悪影響を抑えられる。

【0019】また、上記スターリング機関では、上記酸素除去材、除湿材および酸素湿分除去材の少なくとも一つが、膨張空間と圧縮空間との間の作動流体の流路上に配されてなることが望ましい。これにより、例えばスターリング冷凍機においては、作動ガスが低温側となる膨張空間へ移動するまでの流路上において、残留水分が取り除かれる。このため、膨張空間内やガス流路となる再生器の膨張空間側での水分の凝結や凍結による冷凍機の性能劣化が防止できる。

【0020】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について、図を参照して説明する。なおここでも、スターリング機関の応用例として、フリーピストン型スターリング冷凍機を例示して説明する。

【0021】図1は、本発明に係わるスターリング冷凍機の概略的な断面図である。なお、図1において、図2に示す従来のスターリング冷凍機と共通の部材については同一の符号を付し、その詳細な説明は省く。

【0022】本発明に係わる多孔質材の酸素除去材、多孔質材の除湿材および多孔質材の酸素湿分除去材の少なくとも一つは、図1に例示されるように、バウンス空間14内の多孔質材配置場所28、膨張空間8内の多孔質材配置場所27、および再生器フィルム4が巻かれた円筒ボビン15内の多孔質材配置場所26の少なくとも一箇所に配設される。

【0023】脱酸素剤および除湿剤の一方または両方を含む多孔質材の少なくとも一つをバウンス空間14内の上記多孔質材配置場所28に配設した場合、バウンス空間内に位置する磁気エネルギーに優れた希土類-鉄系材料を使ったマグネット組品類17や、鋼材をベースとするピストンばね11やディスプレーサばね12といった酸化し易い素材からなる部品類の腐食を抑えることができる。

【0024】スターリング冷凍機では、作動ガスである高圧ヘリウムや水素ガスを、密封されたケーシング13内に充填する必要がある。このため、冷凍機の組立工程

において、内部空気を一旦十分に真空引きした後、ヘリウムガスを導入する方法が一般に行われる。ところが、スターリング冷凍機では、ピストン部9とシリンダ部10のシール性が要求されるため、バウンス空間14内部からのガス置換が不十分となり、この空間には特に作動ガス以外の空気（酸素）や水分が残り易い傾向があった。しかし、バウンス空間内に脱酸素剤や除湿剤を含む多孔質材を封入することで、こうした残留ガス成分が取り除かれる。この結果、内部部品の防食による摩耗劣化が抑えられ、安定した連続運転を可能とする長期信頼性が得られる。

【0025】また、脱酸素剤および除湿剤の一方または両方を含む多孔質材の少なくとも一つを圧縮空間8内の上記多孔質材配置場所27に配設した場合、圧縮空間内の温度が相対的に高くなるため、部品や筐体に吸着している残留空気（酸素）や残留湿気水分が放出されやすくなる。この空間部に残留ガス成分を取り除く脱酸素剤や除湿剤を配置することで効果的に酸素や水分を除去し、作動流体ガス内への混入を抑えることが可能となる。これにより、スターリング機関内部構成部品の酸化劣化や、残留水分の凝結や凍結による性能への悪影響を抑えられる。

【0026】さらに、除湿剤を含む多孔質材を、膨張空間と圧縮空間との間の作動流体の流路上となる、円筒ボビン15の外周の多孔質材配置場所26に配設した場合、作動ガスが低温側となる膨張空間へ移動するまでの流路途中において、残留水分が取り除かれる。このため、相対的に温度が低くなる膨張空間内や再生器の膨張空間側での水分の凝結や凍結による冷凍機の性能劣化が防止できる。

【0027】なお、脱酸素剤の材料としては、酸化第一鉄、酸化第二鉄や水酸化鉄などの活性酸化鉄が使われる。また、ビタミンCやアルコール類の活性な有機物の酸化も利用可能である。スターリング冷凍機に配設するにあたっては、上記酸素吸収剤を樹脂に固定化してシートや板材化することによって簡便に組み込むことが可能である。

【0028】除湿剤の材料としては、シリカゲル、酸化カルシウム、塩化カルシウムといった材料が使われる。

【0029】

【実施例】（実施例1）本発明の実施例として、上記材料から構成される多孔質材を組み込み、従来行われていた真空脱気乾燥工程を省略して、図1に示されるスターリング冷凍機を組み立てた。多孔質材としては、上記材料からなる微細粉末を焼結処理したもの、圧力成形したもの、熱可塑性樹脂をバインダーとして微細粉末を含浸させたもの等を使用した。一方、比較のために、上記多孔質材を含まず従来どおり組立工程時に4時間の真空脱気乾燥を行って、図2に示す従来構造のスターリング冷凍機を組み立てた。上記両方のスターリング冷凍機につ

いて、吸熱器温度 -15°C 、放熱器温度 49°C 、ピストン振幅6mmの過酷動作条件で、連続2000時間運転の後、内部部品の劣化状況を比較した。

【0030】その結果、従来の構造のスターリング冷凍機では、マグネットの酸化、および銅製の放熱用熱交換器の表面酸化が確認された。これに対して、本発明に係わる多孔質材を組み込んだスターリング冷凍機では、部品の腐食劣化は認められなかった。

【0031】（実施例2）上記実施例1における本発明の構造と同様の試作品を20台、真空脱気乾燥を省略して組み立てた。また、実施例1における従来の構造のスターリング冷凍機を真空脱気乾燥を行って20台試作した。従来の構造のスターリング冷凍機では、初期性能評価の際に、上記20台のうち2台において明らかに膨張空間部での氷結に起因した冷却能力低下が発生した。一方、本発明に係わる多孔質材組み込みのスターリング冷凍機では、真空脱気乾燥を省略したにもかかわらず、上記のような冷却不良は1台も発生しなかった。

【0032】このように、本発明に係わる脱酸素剤および除湿剤の一方または両方を含む多孔質材の少なくとも一つを、スターリング冷凍機に組み込むことによって、残留空気や残留水分といった部品劣化や性能劣化に繋がる残留ガスを取り除くことができる。このため、高信頼性のスターリング冷凍機を実現できる。さらに、上記より明らかなように、従来の組立工程から真空脱気乾燥工程を省略できるので、組み立て時間の大幅短縮と低コスト化を実現することが可能となる。

【0033】上記本実施の形態および実施例では、フリーピストン型スターリング冷凍機を例示して説明したが、スターリング冷凍機と逆サイクルとなるスターリングエンジンに対しても本発明が適用できることは言うま*

＊でもない。上記に開示した本発明の実施の形態および実施例はすべての点で例示であって、制限的なものではない。本発明の技術的範囲は特許請求の範囲の記載によって画定され、また特許請求の範囲の記載と均等の意味および範囲内でのすべての変更を含むものである。

【0034】

【発明の効果】本発明によれば、スターリング機関のケーシング内に、酸素を除去する脱酸素剤および水分を吸着する除湿剤の一方または両方を含む多孔質材の少なくとも一つを配設することにより、ケーシング内に充填された作動流体に残留成分として混入した空気（酸素）成分や湿気水分が取り除かれる。このため、スターリング機関の内部部品の腐食による経時劣化に伴う動作不良や、残留水分の凝結や凍結による性能劣化の防止が可能となる。さらに、真空脱気乾燥工程を省くことが可能であり、このため組立工程を短縮することができ、スターリング機関の低コスト化を実現できる。

【図面の簡単な説明】

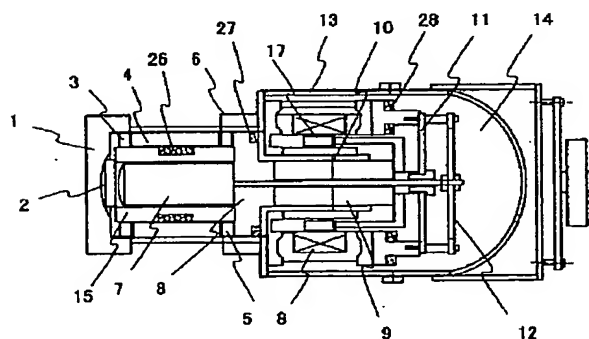
【図1】 本発明に係わるスターリング冷凍機の概略的な断面図である。

【図2】 従来のスターリング冷凍機の一例の概略的な断面図である。

【符号の説明】

1 吸熱器、2 膨張空間、3 吸熱用熱交換器、4 再生器、5 放熱用熱交換器、6 放熱器、7 ディスプレーサ、8 圧縮空間、9 ピストン、10 シリンダ、11 ピストン用ばね、12 ディスプレーサ用ばね、13 本体ケーシング、14 バウンス空間、15 円筒ボビン、17 マグネット、18 リニアモータ、26、27、28 多孔質材配置位置。

【図1】



【図2】

